

99P3467



57

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 16 699 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 05 B 9/03  
G 06 F 15/46  
G 21 D 3/04

21 Aktenzeichen: P 42 16 699.3  
22 Anmeldetag: 20. 5. 92  
43 Offenlegungstag: 25. 11. 93

DE 42 16 699 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

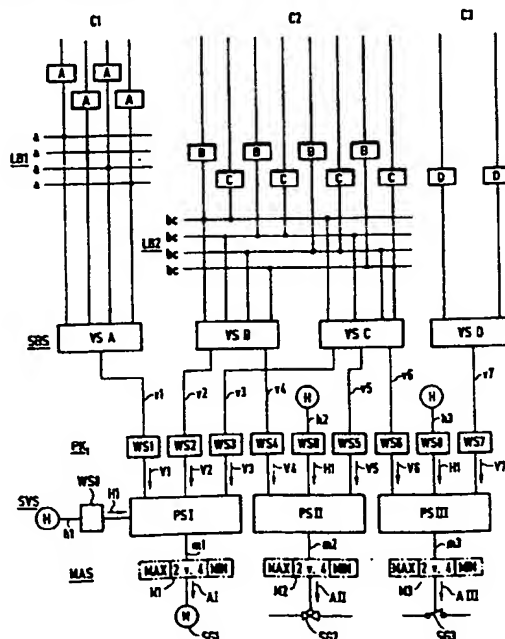
72 Erfinder:  
Aleite, Werner, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE

54 Verfahren und Einrichtung zum automatischen Schutz einer Anlage, insbesondere eines Kernkraftwerks

57 Gemäß dem Verfahren zum automatischen Schutz einer Anlage, insbesondere eines Kernkraftwerks, werden mit einem Rechnernetzwerk Eingangssignale aus der Anlage redundant ertastet, verarbeitet und Ausgangssignale in Form von Auslöse- und/oder Stellbefehlen für Stellglieder (SG1-SG3) abgegeben, wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind. Im einzelnen werden

a) in mindestens zwei jeweils mehrkanaligen und zueinander diversitären Rechensystemen (C1-C3) aus den Eingangssignalen über Signalbewertungsstufen (SBS; VSA-VSD) Informationen erzeugt, die

b) als in Analog- oder Digitalform vorliegende Prozeßvariablen sogenannte Teilkriterien (PK<sub>i</sub>), mindestens zwei Signalvorrangstufen (SVS; PSI-PSIII) zugeführt werden, welche die Informationen nutzen, um störungs-, störfall- oder situationssignifikante Anregungskriterien (AK; AI-AIII) zu erzeugen. Mittels mindestens einer zur Ansteuerung von Stellgliedern (SG1-SG3) vorgesehenen Maßnahmen-Auswahlstufe (MAS; M1-M3) kann in weiterer Ausbildung jeweils der Maßnahmenkombination Vorrang gewährt werden, die die optimalen Gegenmaßnahmen gegen die durch das entsprechende Anregungskriterium (AK; AI-AIII) repräsentierte Störung oder unzulässige Situation betrifft. Gegenstand der Erfindung ist auch eine das Verfahren anwendende leittechnische Einrichtung.



DE 42 16 699 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Schutz einer Anlage, vorzugsweise zum Schutz eines Kraftwerks, insbesondere eines Kernkraftwerks, wobei mit einem Rechnernetzwerk Eingangssignale aus der Anlage redundant erfaßt und verarbeitet und Ausgangssignale in Form von Auslöse- und/oder Stellbefehlen für Stellglieder abgegeben werdend wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind.

Für die leittechnische Überwachung einer Anlage, insbesondere eines Kraftwerks, und in noch verstärktem Maße für den leittechnischen Schutz eines Kernkraftwerks sind für die Festlegung des Schutzkonzeptes und die Auswahl der Gerätetechnik folgende Kriterien maßgebend: größtmögliche Sicherheit, hohe Verfügbarkeit und bestmögliche Wirtschaftlichkeit. Das Kriterium "größtmögliche Sicherheit" hat absoluten Vorrang vor allen anderen. Das Kriterium "hohe Verfügbarkeit" ergibt sich aus den relativ hohen Investitionskosten und den großen Einheitsleistungen sowie — bei Kernkraftwerken — aus den niedrigeren Betriebskosten im Vergleich zu fossil beheizten Kraftwerken. Unter dem Kriterium "bestmögliche Wirtschaftlichkeit" ist insbesondere der materialschonende Betrieb und die optimale Ausnutzung des Brennstoffs zu verstehen.

Die Leittechnik kann in zwei Teilbereiche aufgeteilt werden, in die Sicherheitsleittechnik und in die betriebliche Leittechnik. Die vorliegende Erfindung befaßt sich vorwiegend mit der Sicherheitsleittechnik, deren Funktionsfähigkeit durch redundanten Aufbau und/oder durch selbsttätige Funktionsprüfung oder andere Maßnahmen dauernd sichergestellt wird, die jedoch im völlig ungestörten Betrieb keine Aktionen auszuführen hat. Im Anforderungsfall haben die Systeme der Sicherheitsleittechnik Vorrang vor allen Aktionen der betrieblichen Leittechnik. Zur Sicherheitsleittechnik zählen bei einem Kernreaktor der Reaktorschutz, die Reaktor-Begrenzungen und in begrenztem Maße die Reaktorregelung und das Informationssystem.

Bei Einsatz der bisherigen analog/binären Geräte- und Systemtechnik für die Reaktor-Sicherheitsleittechnik wurden mit Rücksicht auf die begrenzten Möglichkeiten dieser Technik, aber auch die geforderte Zuverlässigkeit der Funktionen, möglichst einfache Funktionen vorgesehen. Dies gilt sowohl für die Störungserkennung als auch für die Entscheidung der Durchführung von (Abhilfe-)Maßnahmen. Damit wurde dem deutschen kerntechnischen Regelwerk (KTA 3501) Rechnung getragen, wonach pro betrachtetem Störereignis zwei unterschiedliche Anregungskriterien zur Ausführung sehr sicher auszulösender Schutzaktionen gefordert werden. Dadurch soll eine Schutzaktion ohne Rücksicht darauf ausgelöst werden, daß man weder das jeweilige Störfallspektrum noch jede der postulierten Störungen mit ausreichender Sicherheit kennt bzw. voraussagen kann. Für die dazugehörige Hardware der Leittechnik (in analog/binärer Wirkungsweise) wurde eine Diversitäts-Forderung nicht erhoben, da die Hardware in der historisch gewachsenen und durch hohe Betriebsstundenanzahl bewährten Ausführung als hinreichend zuverlässig angesehen wurde. Außerdem waren die besonders zuverlässig auszuführenden Schutzmaßnahmen in den meisten Fällen abschaltender Art. Schutzmaßnahmen wurden mit festem Vorrang vor Hand- oder Regelungsaktionen ausgeführt (und dabei meist sehr konservativ dimensioniert).

Durch die vorliegende Erfindung soll das Verfahren

der eingangs genannten Art so ausgestaltet werden, daß auch bei Einsatz komplexer, hochwertiger digitaler Leittechnik, die Anwendung sogenannter Anregungskriterien und eine verfeinerte anschließende Vorrangbildung ermöglicht werden. Insbesondere sollen die Vorteile der digitalen Technik (vor allem verbesserte Rechenmöglichkeiten und damit die Anwendung sogenannter analytischer Redundanz) so genutzt werden, daß die notwendigen Sicherheitsmargen verringert werden, dabei aber trotzdem gleich große oder gar noch größere Zuverlässigkeit, als sie durch die bisherige Leittechnik erreichbar ist, verwirklicht wird.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gemäß Kennzeichen des Anspruchs 1 durch die folgenden Maßnahmen gelöst:

- a) in mindestens zwei, jeweils mehrkanaligen und zueinander diversitären Rechensystemen werden über Signalbewertungsstufen aus den Eingangssignalen analoge und/oder binäre Informationen erzeugt, welche anomalie-signifikante Prozeßvariablen der Anlage, sogenannte Teilkriterien, liefern;
- b) die Teilkriterien werden einer oder mehreren Signalvorrangstufen zugeführt, welche jeweils die Information der Teilkriterien nutzen, ein störungs-, störfall- oder situations-signifikantes Anregungskriterium als — ggf. zeitabhängige — Funktion  $AK(t) = f(PK_i)$  der Teilkriterien  $PK_i$  zu ermitteln, welches als Schlüsselwert zur Auswahl der jeweils am besten geeigneten Gegenmaßnahmen dient.

Vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 6 angegeben. Bevorzugt verwendet von den zueinander diversitären Rechensystemen nach Anspruch 1 eines oder eine Gruppe ereignisorientierte Anregungskriterien und das andere Rechensystem oder eine andere Gruppe von Rechensystemen symptom-orientierte Anregungskriterien. Vorteilhaft ist es auch, wenn zur Erkennung ein und desselben Störfalls im Sinne einer analytischen Redundanz mehrere vollständig diversitäre Anregungskriterien herangezogen werden, so daß aus dieser Mehrzahl von Anregungskriterien dasjenige mit der höchsten Priorität ausgewählt werden kann.

Wenn in einer oder mehreren Signalvorrangstufen eine Vorrangbildung hinsichtlich eines oder mehrerer Anregungskriterien getroffen wurde, so wird gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung mittels einer nachgeschalteten und zur Ansteuerung von Stellgliedern vorgesehenen Maßnahmen-Auswahlstufe jeweils diejenige Maßnahmenkombination angewählt, welche die am besten geeigneten Gegenmaßnahmen gegen die dem jeweils ermittelten Anregungskriterium entsprechende Störung oder unerwünschte Situation umfaßt.

Das Anregungskriterium oder mehrere solcher Kriterien können grundsätzlich in analoger oder binärer Form vorliegen. Eine Analogform der Anregungskriterien erhält man gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung dadurch, daß innerhalb der jeweiligen Signalbewertungsstufe die Eingangssignale einer Auswahlstufe, z. B. einer Zwei-von-vier-Auswahlstufe, zugeleitet werden und/oder dem ausgewählten oder durchgelassenen Signal in einer Wichtungsstufe ein zwischen Null und 100 % (bzw. zwischen Null und 1) liegender Signalpegel aufgedrückt wird, welcher der Anomalie-Signifikanz des so erzeugten Teilkriteriums gerecht wird. Besonders einfach ist es in diesem Zusammenhang, wenn

zur Bildung des Anregungskriteriums die Signalpegel der Teilkriterien innerhalb der jeweiligen Signalvorrangstufe einander überlagert werden.

Ein vorteilhafter Verfahrensschritt zur Bildung eines Anregungskriteriums besteht darin, daß in den Signalvorrangstufen zugeordneten oder vorgeschalteten Wichtungsstufen Wichtungssignale erzeugt werden, die im Vergleich zu einem ersten Wichtungssignal verzögert sind, so daß sich in der betreffenden Signalvorrangstufe zunächst eine Dominanz des ersten Wichtungssignals als Vorrangssignal und nach Ablauf der Verzögerungszeit eine Dominanz der weiteren Wichtungssignale als Vorrangssignal ergibt, wobei dann das dominierende Vorrangssignal das Anregungskriterium repräsentiert. Die Vorrangsbildung kann gemäß einem anderen Verfahrensschritt auch dadurch erfolgen, daß von den weiteren Wichtungssignalen wenigstens eines mit einer Bedingung verknüpft wird, so daß abhängig davon, ob die Bedingung eintritt oder nicht, die weiteren Wichtungssignale über ein erstes Wichtungssignal als Vorrangssignal dominieren oder nicht.

Zur Ermöglichung einer (normalerweise nicht erforderlichen) Handauslösung ist es vorteilhaft, daß mit einer Wichtung, welche die Wichtung des normalerweise dominierenden Wichtungssignals überschreitet, eine Handauslösung in Wirkverbindung mit wenigstens einer Vorrangstufe gebracht wird.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß aufgrund der analogen und/oder digitalen Signalauswertung und der verbesserten Rechenmöglichkeiten mit digitaler Technik viele nicht meßbare physikalische Größen und sinnvolle "Sicherheitsvariable" schnell, zuverlässig und genau genug berechnet werden können, und nun mit ihrer Hilfe Anregungskriterien abgeleitet werden können, die nicht nur Mindestinformationen enthalten, sondern durch Zusatzinformation sowohl in ihrer Zuverlässigkeit gegen (auch mehrere) Eingangssignalfehler resistenter gemacht werden können als auch nennenswert die Wahrscheinlichkeit korrekter Identifikation einer bestimmten Störung oder Situation (mit einer definierten Streuung) erhöhen. Die algorithmischen Möglichkeiten umfangreicher Simulationen gestatten auch die Diversifizierung der Anregungskriterien (ereignis- und symptom-orientiert) und eine Zuordnung optimaler Gegenmaßnahmen zu jeder identifizierten Störung oder unzulässigen Situation. Es kann damit gezielt materialschonend sowohl der Stärke als auch dem zeitlichen Ablauf einer einsetzenden Störung entsprechend entgegengearbeitet werden.

Gegenstand der Erfindung ist gemäß Anspruch 7 auch eine leittechnische Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, zum selbsttätigen Schutz einer Anlage, vorzugsweise zum Schutz eines Kraftwerks, insbesondere eines Kernkraftwerks, mit einem Rechnernetzwerk zur mehrfach redundanten Verarbeitung von störungs-, störfall- und situations-relevanten Eingangssignalen, welche als abfragbare Parameter der zu schützenden Anlage vorliegen und welche vom Rechnernetzwerk zur Abgabe von Ausgangssignalen in Form von Auslöse- oder Stellbefehlen für Stellglieder verarbeitbar sind, wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind, welcher sinngemäß die eingangsgestellte Aufgabe zugrundeliegt und welche zur Lösung dieser Aufgabe die im Kennzeichen des Anspruchs 7 angegebenen Merkmale aufweist.

Vorteilhafte Weiterbildungen dieser leittechnischen Einrichtung nach Anspruch 7 sind in den Ansprüchen 8

bis 12 angegeben.

Im folgenden werden anhand der Zeichnung, in welcher mehrere Ausführungsbeispiele dargestellt sind, das Verfahren nach der Erfindung und leittechnische Einrichtungen zu dessen Durchführung noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in zum Teil vereinfachter, schematischer Darstellungsweise:

Fig. 1 eine leittechnische Einrichtung mit drei zueinander diversitären digitalen Rechensystemen;

Fig. 2 das Detail der ersten Signalvorrangstufe, welche dem ersten und zweiten Rechensystem gemeinsam ist;

Fig. 3 in Tabellenform die Bildung des Anregungskriteriums aus der ersten Signalvorrangstufe zugeführten Teilkriterien;

Fig. 4 das Detail der zweiten Signalvorrangstufe aus Fig. 1;

Fig. 5 in Tabellenform die Bildung des Anregungskriteriums aus der zweiten Signalvorrangstufe zugeführten Teilkriterien;

Fig. 6 das Detail der dritten Signalvorrangstufe und

Fig. 7 in Tabellenform die Bildung des Anregungskriteriums bei der dritten Signalvorrangstufe aus dieser Stufe zugeführten Teilkriterien.

Fig. 1 zeigt eine Schaltung, die drei digital arbeitende Rechensysteme C1, C2 und C3 unterschiedlicher Kategorien 1 bis 3 umfaßt. Jedes der Rechensysteme C1 bis C3 ist redundant aufgebaut; so umfaßt das erste Rechensystem vier Untersysteme A, von denen jedes an eine Leitung a des vier solche Leitungen a aufweisenden Leitungsbus LB1 angeschlossen ist. Das zweite Rechensystem C2 umfaßt vier Untersysteme B und vier weitere Untersysteme C in jeweils vierfach redundanter Ausführung, wobei je eines der Untersysteme B bzw. C an je eine der Leitungen b c des Vierfach-Leitungsbus LB2 angeschlossen sind. Das dritte Rechensystem C3 enthält lediglich zwei Untersysteme D. Den Rechensystemen C1 bis C3 bzw. ihren Untersystemen A, B, C und D sind als Ganzes mit SBS bezeichnete Signalbewertungsstufen nachgeschaltet, die im einzelnen mit VSA, VSB, VSC und VSD bezeichnet sind. Die Signalbewertungsstufe VSA bildet ein Zwei-von-vier-System und ist vierkanalig an die Busleitungen a angeschlossen, die Signalbewertungsstufen VSB und VSC sind entsprechend vierkanalig an die Busleitungen b c angeschlossen und bilden je ein Zwei-von-vier-System. Die Signalbewertungsstufe VSD des Rechensystems C3 (Kategorie 3) bildet lediglich ein Doppelsystem. Jede der Signalbewertungsstufen hat eine Auswahleinrichtung gegen Fehlverhalten einzelner Bausteine, die man auch als Voting Units bezeichnen könnte. Den Signalbewertungsstufen SBS sind als Ganzes mit SVS bezeichnete Signalvorrangstufen über Signalleitungen v1 bis v7 nachgeschaltet, wobei der Signalfluß der genannten Signalleitungen v1 bis v7 noch über Wichtungsstufen WS1 bis WS7 geleitet werden kann, wie durch kleine Kästchen angedeutet; diese Signalwichtungsstufen könnten auch Bestandteil der Signalbewertungsstufen SBS sein.

Im einzelnen ist die Signalvorrangstufe PSI den beiden Signalbewertungsstufen VSA und VSB über die Signalleitungen v1 und v2 und ferner der Signalbewertungsstufe VSC über die Signalleitung v3 nachgeschaltet. Auf die erste Signalvorrangstufe PSI wirkt noch eine Handauslösung H über Signalleitung h1 (oder über eine mittels Code entriegelbare Schalterwelle) ein, welche über eine Wichtungsstufe WS8 geführt sein kann. Die Signalvorrangstufe PSII ist den beiden Signalbewertungsstufen VSB und VSC über je eine Signalleitung

v4 bzw. v5 nachgeschaltet; auf sie wirkt ferner eine Handauslösung H, ggf. über eine Wichtungsstufe WS8 ein. Die Signalvorrangstufe PSIII ist der Signalbewertungsstufe VSC und der Signalbewertungsstufe VSD über je eine Signalleitung v6 bzw. v7 nachgeschaltet; auf sie wirkt ebenfalls eine Handauslösung H, ggf. über eine Wichtungsstufe WS8, ein. Über die Signalleitungen v1 bis v7 werden den daran angeschlossenen Signalvorrangstufen die elektrischen Signale für Teilkriterien zugeleitet, die als Ganzes mit PK<sub>i</sub> und im einzelnen mit V1 bis V7 bezeichnet sind. Die Bezeichnung der Teilkriterien korrespondiert zur Bezeichnung der zugehörigen Signalleitung, wobei die Signalleitung mit kleinen Buchstaben und die Signale für die Teilkriterien mit Großbuchstaben bezeichnet sind.

In den Signalvorrangstufen PSI bis PSIII werden aus den Teilkriterien (zu denen auch die Teilkriterien H1 der Handauslösung zu rechnen sind) die Anregungskriterien gebildet, welche jeweils Vorrangcharakteristika repräsentieren, und diese werden im Auslösefall auf die beispielhaft eingezeichneten Stellglieder SG1 (Motor), SG2 (Ventil) oder SG3 (elektrischer Schalter) gegeben. Welche der Anregungskriterien oder Vorrangcharakteristika auf welche der den Signalvorrangstufen SVS nachgeschalteten Stellglieder gegeben werden, muß für das jeweilige Stellglied im Zusammenhang mit den jeweiligen Auslöse-Funktionen festgelegt werden.

Das erste Rechensystem C1 sei ein besonders zuverlässiges, einfaches Rechensystem, das vorwiegend besonders zuverlässig auszuführende Funktionen bearbeitet. Die Untersysteme B und C des Rechensystems C2 (Kategorie 2) bestehen dagegen aus leistungsfähigeren, komplexen (potenteren) Rechenbausteinen, die es z. B. unter anderem gestatten, Modellrechnungen durchzuführen, so daß die gleichen Funktionen, die im System C1 in bewußt einfacher Form behandelt werden, hier in Spezifizierung und Programmierung zu den Funktionen des Systems C1 völlig diversitärer Art ermittelt werden, was den Vorteil der sogenannten analytischen Redundanz hat. Ein weiterer Vorteil der höheren Leistungsfähigkeit des Rechensystems C2 mit seinen Untersystemen B, C ist es, daß die Ermittlung der notwendigen Aktionen mit größerer Genauigkeit erfolgt als es die Funktionen des Rechensystems C1 (Kategorie 1) können. Eine Begleiterscheinung der höheren Leistungsfähigkeit und Komplexität ist es aber, daß die Funktionen mit unter Umständen geringerer Zuverlässigkeit (da ja die Rechensysteme komplizierter sind) oder längerer Berechnungszeit ausgeführt werden. Dieser Tatsache wird dadurch Rechnung getragen, daß die Funktionen der Kategorie 1 (System C1) zunächst Vorrang haben vor allen Funktionen der Kategorie 2 (Rechensystem C2) und natürlich auch Vorrang haben vor den Funktionen der Kategorie 3, wobei dieser Vorrang eventuell später (mit Zeitverzögerung) durch eine geänderte Gewichtung verändert wird.

Praktische Beispiele für die Vorrangbildung sind in den Fig. 2 bis 7 dargestellt.

Fig. 2 zeigt, daß der Signalvorrangstufe PSI über die Signaleingangsleitungen v1 bis v3 sowie h1 (Handauslösung) Teilkriterien bzw. gewichtete Signale V1 bis V3 sowie H1 (Handauslösung) zuleitbar sind. Fig. 3 zeigt in Spalte 1 eine erste Kombination der Teilkriterien; nämlich  $V1 = V2 = 0,5$ ,  $V3 = 0,2$  und  $H1 = 2$ , was bedeutet, daß das Teilkriterium V1 immer Vorrang vor den Teilkriterien V2 und V3 (bzw. den entsprechenden Signalen) hat, und auch das Teilkriterium V2 immer Vorrang vor V3 hat. Angedeutet ist hier, daß (vor Ort!) grundsätzlich

ein Handeingriff vorgesehen werden kann, der immer Vorrang vor allen anderen Eingangssignalen hat, der aber nur mit Hilfsmitteln zugänglich und nur im äußersten Notfall nutzbar ist. Eine zweite Kombination von Teilkriterien mit den Werten 1/0,6/0,6/2 (siehe Spalte 2 in Fig. 3) soll bedeuten, daß die Mehrheitsentscheidung der beiden Untersysteme B und C der Kategorie 2 bzw. des Rechensystems C2 (vgl. Fig. 1) ein Anregungskriterium der Kategorie 1 überstimmen könnte, wenn beide Teilkriterien V2 und V3 die gleiche Aktion verlangen. Die in Spalte 3 der Fig. 3 angegebene Signalkombination 1/0,6 verzögert /0,6 verzögert soll bedeuten, daß zunächst das Signal der Kategorie 1 (Rechensystem C1) den Vorrang hat, daß aber nach vorbestimmter Zeit die Majorität der Kategorie 2-Signale bzw. Teilkriterien die Führung übernimmt oder dominiert. In Spalte 4 der Fig. 3 ist ein sogenannter bedingter Vorrang für das Teilkriterium V3 angegeben, wobei dieses Signal die Erfüllung einer bestimmten Bedingung repräsentieren könnte, die zusammen mit dem Signal oder Teilkriterium V2 den Vorrang der Signalkombination V2—V3 vor dem Signal V1 der ersten Kategorie bedingen könnte.

Für die Signalvorrangstufen PSII, PSIII (vgl. Fig. 4 und 6) sind Beispiele für mögliche Kombinationen von Teilkriterien in Fig. 5 und 7 ebenfalls in Tabellenform gegeben. Fig. 5 verdeutlicht einen Vorrang des Teilkriteriums V4 der Untersysteme B vor dem Teilkriterium V5 der Untersysteme C, wobei beide Teilkriterien durch einen Handeingriff (Teilkriterium H1) überstimmt werden können. Die Signalpegel in Fig. 5 sind  $V4 = 1$ ,  $V5 = 0,5$  und  $H1 = 2$ . Sinngemäß ist in Fig. 7 eine Dominanz des Teilkriteriums V6 ( $= 1$ ) vor dem Teilkriterium V7 ( $= 0,5$ ) dargestellt, wobei eines oder beide Teilkriterien durch eine Handauslösung ( $H1 = 2$ ) majorisiert werden können. Das Teilkriterium V6 stammt vom Untersystem C der Kategorie 2, und das Teilkriterium V7 stammt vom Untersystem D der Kategorie 3.

In der bisher erläuterten ersten Ausführungsform der leittechnischen Einrichtung und des dadurch verwirklichten Verfahrens ist in den Signalvorrangstufen PSI—PSIII die Funktion von Maßnahmen-Auswahlstufen impliziert. Man kann indessen die Funktion der Maßnahmenauswahlstufen, generell mit MAS bezeichnet, noch verfeinern und in ihrer Variationsbreite vergrößern, wie es gestrichelt durch die Kästchen M1 bis M3 und die sie verbindenden Steuerleitungen m12 und m23 verdeutlicht ist. Zum besseren Verständnis muß man sich vorstellen, daß die von den einzelnen Signalvorrangstufen PSI bis PSIII zu den Stellgliedern SG1 bis SG3 führenden Signalleitungen m1 bis m3 jeweils vierkanalig sind und daß in den Maßnahmen-Auswahlstufen M1 bis M3 jeweils eine Zwei-von-vier Auswahl aus den vierfach angebotenen Anregungskriterien vorgenommen werden kann. Das heißt, es wird, wenn mindestens zwei von vier Anregungskriterien übereinstimmend vorliegen, ein verifiziertes Anregungskriterium A1 gemäß einer ersten Variante zur Anregung des betreffenden Stellgliedes weitergeleitet. Sinngemäß gilt dies für die Anregungskriterien AII und AIII der Maßnahmen-Auswahlstufen M2 und M3. Durch die Signalleitungs-Querverbindungen m12 und m23 und ein in der jeweiligen Maßnahmen-Auswahlstufe M1 bis M3 vorhandene Maximum/Minimum-Auswahl (abgekürzt: Max/Min-Auswahl) kann aber gemäß einer zweiten Variante die Maßnahmenauswahl derart variiert werden, daß durch eine Signalvorrangstufe, z. B. PSI nicht nur das zugehörige Stellglied SG1, sondern auch eines oder mehrere weitere Stellglieder (SG2 und/oder SG3) betätigt werden.

Das gleiche gilt für die beiden anderen Signalvorrangsstufen PSII und PSIII. Welches "Betätigungsmuster" der Stellglieder durch die Signalvorrangsstufen veranlaßt wird, kann z. B. durch die jeweilige Max/Min-Auswahl bestimmt werden. Würde z. B. die Signalvorrangsstufe PSI mit der höchsten Priorität aufgrund der getroffenen Analyse in ihrer Maßnahmenauswahlstufe M1 die Betätigung der Stellglieder SG1 und SG2 "wünschen" und würde die Signalvorrangsstufe PSII mit geringerer Priorität die Betätigung nur des Stellgliedes SG1 "wünschen", dann würde bei der Maßnahmenauswahl und der dementsprechenden Betätigung der Stellglieder die Signalvorrangsstufe PSI dominieren. Es ist also möglich, in den Maßnahmenauswahlstufen MAS zusätzliche "Intelligenz" unterzubringen, welche zu einer Verfeinerung des Betätigungsmusters der Stellglieder und damit zu einer Optimierung der zu treffenden Gegenmaßnahmen führt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Schutz einer Anlage, vorzugsweise zum Schutz eines Kraftwerks, insbesondere eines Kernkraftwerks, wobei mit einem Rechnernetzwerk Eingangssignale aus der Anlage redundant erfaßt, verarbeitet und Ausgangssignale in Form von Auslöse- und/oder Stellbefehlen für Stellglieder abgegeben werden, wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind, gekennzeichnet durch die folgenden Maßnahmen:
  - a) in mindestens zwei, jeweils mehrkanaligen und zueinander diversitären Rechensystemen (C1—C3) werden über Signalbewertungsstufen (SBS, VSA—VSD) aus den Eingangssignalen analoge und/oder binäre Informationen erzeugt, welche anomalie-signifikante Prozeßvariable (V1—V7) der Anlage, sogenannte Teilkriterien (PK<sub>i</sub>), liefern;
  - b) die Teilkriterien werden einer oder mehreren Signalvorrangsstufen (SVS, PSI—PSIII) zugeführt, welche jeweils die Information der Teilkriterien (PK<sub>i</sub>) nutzen, ein störungs-, störfall- oder situations-signifikantes Anregungskriterium (AK, A1—AIII) als — ggf. zeitabhängige — Funktion  $AK(t) = f(PK_i)$  der Teilkriterien (PK<sub>i</sub>) zu erzeugen, welches als Schlüsselwert zur Auswahl der jeweils am besten geeigneten Gegenmaßnahmen dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer zur Ansteuerung von Stellgliedern (SG1—SG3) vorgesehenen Maßnahmen-Auswahlstufe (MAS, M1—M3) aufgrund der in der jeweiligen Signalvorrangsstufe (SVS, PSI—PSIII) getroffenen Vorrangbildung jeweils diejenige Maßnahmenkombination angewählt wird, welche die am besten geeigneten Gegenmaßnahmen gegen die dem jeweils erzeugten Anregungskriterien (AK) entsprechende Störung oder unerwünschte Situation umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der jeweiligen Signalbewertungsstufe (SBS, VSA—VSD) die Eingangssignale einer Auswahlstufe, z. B. einer Zwei-von-Vier-Auswahlstufe, zugeleitet werden und/oder dem ausgewählten oder durchgelassenen Signal in einer Wichtigkeitsstufe (WS, WS1—WS8) ein zwischen 0 und 100% liegender Signalpegel aufgedrückt wird, welcher der Anomalie-Signifikanz des

so erzeugten Teilkriteriums (PK<sub>i</sub>) gerecht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in den Signalvorrangsstufen (SVS, VSA—VSD) zugeordneten oder vorgeschalteten Wichtigkeitsstufen (WS1—WS8) die Wichtigkeitssignale (V2, V3) erzeugt werden, die im Vergleich zu einem ersten Wichtigkeitssignal (V1) verzögert sind, so daß sich in der betreffenden Signalvorrangsstufe (PSI) zunächst eine Dominanz des ersten Wichtigkeitssignals (V1) als Vorrangssignal und nach Ablauf der Verzögerungszeit eine Dominanz der weiteren Wichtigkeitssignale (V2 + V3) als Vorrangssignal ergibt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß von den weiteren Wichtigkeitssignalen wenigstens eines (V3) mit einer Bedingung verknüpft wird, so daß abhängig davon, ob die Bedingung eintritt oder nicht, die weiteren Wichtigkeitssignale (V2, V3) über ein erstes Wichtigkeitssignal (V1) als Vorrangssignal dominieren oder nicht.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit einer Wichtung, welche die Wichtung des normalerweise dominierenden Wichtigkeitssignals überschreitet, eine Handauslösung (H) in Wirkverbindung mit wenigstens einer Vorrangsstufe (SVS, PSI—PSIII) gebracht wird.

7. Leittechnische Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, zum selbsttätigen Schutz einer Anlage, vorzugsweise zum Schutz eines Kraftwerks, insbesondere eines Kernkraftwerks, mit einem Rechnernetzwerk zur mehrfach redundanten Verarbeitung von störungs-, störfall- und situations-relevanten Eingangssignalen, welche als abfragbare Parameter der zu schützenden Anlage vorliegen und welche vom Rechnernetzwerk zur Abgabe von Ausgangssignalen in Form von Auslöse- oder Stellbefehlen für Stellglieder verarbeitbar sind, wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind, mit den folgenden weiteren Merkmalen:

- a) zwei oder mehr, jeweils mehrkanalige und zueinander diversitäre Rechensysteme (C1—C3) umfassen jeweils mindestens eine Signalbewertungsstufe (SBS, VSA—VSD) oder sind einer solchen Signalbewertungsstufe vorgeschaltet, wobei die jeweilige Signalbewertungsstufe (SBS, VSA—VSD) zur Erzeugung von analogen oder binären Informationen aus den Eingangssignalen eingerichtet ist, wobei die Informationen anomalie-signifikante Prozeßvariable (V1—V7) der Anlage, sogenannte Teilkriterien (PK<sub>i</sub>), repräsentieren,
- b) den Signalbewertungsstufen (SBS, VSA—VSD) ist wenigstens eine Signalvorrangsstufe (SVS, PSI—PSIII) nachgeschaltet, wobei mindestens eine der beiden Stufen (SBS) bzw. (SVS) Auswahl- und/oder Wichtigkeitsstufen umfaßt und die Signalvorrangsstufe (SVS) zur Verarbeitung der zugeleiteten Signale der Teilkriterien (PK<sub>i</sub>) derart eingerichtet ist, daß ein störungs-, störfall- oder situations-signifikantes Anregungskriterium (AK) als — gegebenenfalls zeitabhängige — Funktion  $AK(t) = f(PK_i)$  der Teilkriterien (PK<sub>i</sub>) ermittelt wird, wobei das Anregungskriterium (AK) als Schlüsselwert zur Auswahl der am besten geeigneten Gegenmaßnahmen dient.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der jeweiligen Signalvorrangstufe (SVS, VSA—VSD) mindestens eine zur Ansteuerung von Stellgliedern (SG1—SG3) vorgesehene Maßnahmenauswahlstufe (MAS) nachgeschaltet ist, welche zur Auswahl einer Maßnahmenkombination aufgrund der in der vorgeschalteten Signalvorrangstufe (SVS; PSI—POSIII) getroffenen Vorrangbildung derart eingerichtet ist, daß die am besten geeigneten Gegenmaßnahmen gegen die dem jeweils erzeugten Anregungskriterium (AK) entsprechende Störung oder unerwünschte Situation eingeleitet werden.

9. Einrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Rechensysteme (C1—C3) als digitale Computer ausgebildet sind.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein erstes Rechensystem (C1) einer ersten Kategorie vierkanalig ausgebildet ist und seine vier Kanalausgänge an eine Signal-Auswahlstufe (SBS; VSA) angeschlossen sind, welche eine Zwei-von-Vier-Auswahl trifft.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein weiteres Rechensystem (C2) einer anderen Kategorie in seiner Signalverarbeitung höherwertig ausgelegt ist als das erste Rechensystem (C1) und z. B. Langzeit-Kurvenverläufe oder Meßwertableitungen nach der Zeit bildet.

12. Einrichtung nach Anspruch 10 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß an weitere Rechensysteme (C2, C3) Auswahlstufen (VSB, VSC, VSD) jeweils angeschlossen sind, denen — bezogen auf die Auswahlstufe (VSA) des ersten Rechensystems — andere Auswahlkriterien zugrundeliegen, z. B. ein Zwei-von-drei- oder ein Eins-von-zwei-Auswahlkriterium.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

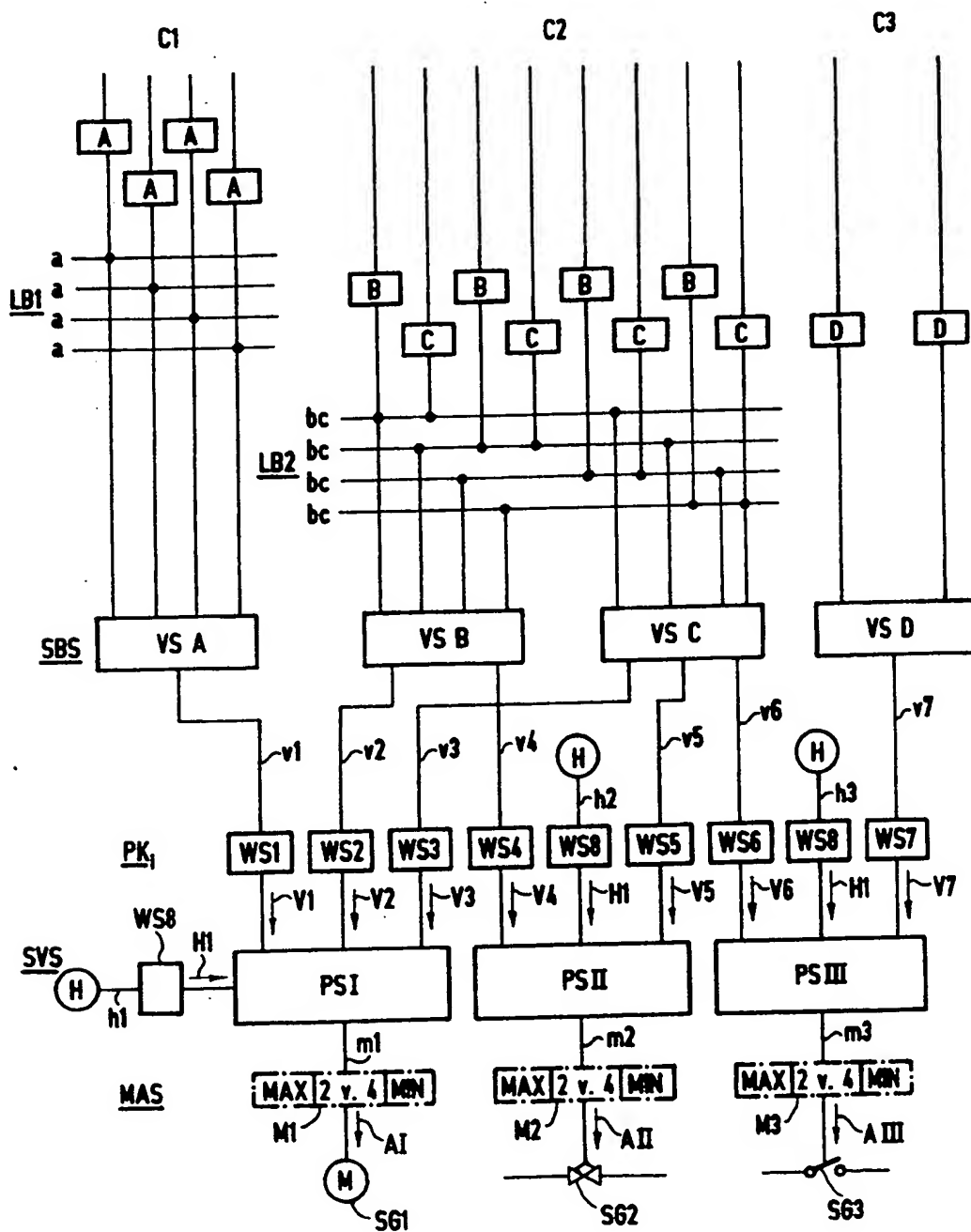


FIG 1

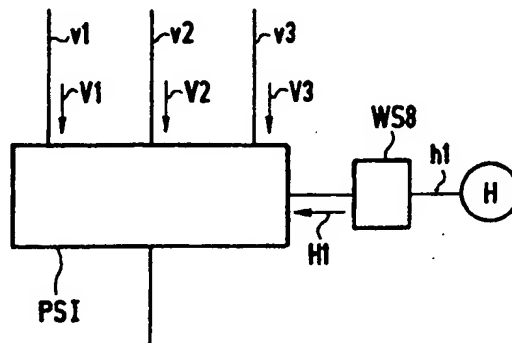


FIG 2

	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4
V1=	1	1	1	1
V2=	0,5	0,6	0,6 verzögert	0,6
V3=	0,2	0,6	0,6 verzögert	0,6 bedingt
H1=	2	2	2	2

FIG 3



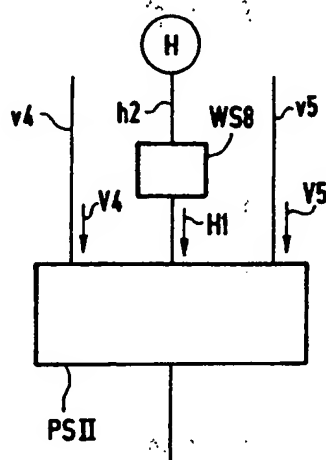


FIG 4

V4=	1
V5=	0,5
H1=	2

FIG 5

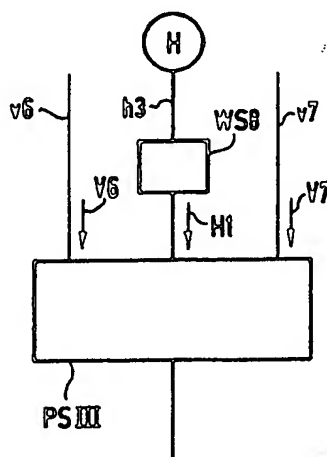


FIG 6

V6=	1
V7=	0,5
H1=	2

FIG 7

DOCKET NO: TER99P3467  
 SERIAL NO:                       
 APPLICANT: Jose A. Garciatello et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.  
 P.O. BOX 2480  
 HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
 TEL. (954) 925-1100